





# *LUFTWECHSEL – ESSENZIELL FÜR RAUMLUFTQUALITÄT UND GESUNDHEIT*

*von Roger Waeber/ BAG (Text) und Air-Lux (Foto)*

Die gute Durchlüftung von Räumen ist ein entscheidender Faktor für gute Raumluftqualität, Gesundheit und Wohlbefinden. Genügend Frischluftzufuhr ist aber heute keine Selbstverständlichkeit: In dicht gebauten Gebäuden stösst die übliche Fensterlüftung an ihre Grenzen. Beim Bauen und Sanieren ist deshalb ein Lüftungskonzept unabdingbar!

**IL** Ob zu Hause, am Arbeitsplatz oder in der Freizeit: Die meiste Zeit des Tages halten wir uns in Innenräumen auf. Die Luft, die wir atmen, ist also zum allergrössten Teil Innenraumluft. Und diese ist in aller Regel stärker belastet als die Aussenluft, denn es gibt in Innenräumen zahlreiche zusätzliche Quellen für Luftverunreinigungen:

- Baumaterialien/Baustoffen wie Anstrichstoffe, Klebstoffe, Dichtungsmassen, Boden- und Wandbeläge – vor allem in den ersten Wochen bis Monaten in Neubauten und nach Sanierungen
- Bauuntergrund (Quelle für Radon)
- Einrichtungen wie Möbel, Teppiche, Vorhänge, durch Geräte wie Computer, Drucker, Kopierer und insbesondere auch
- durch den Stoffwechsel der Bewohner und durch ihre Aktivitäten wie Kochen, Reinigen, d.h. Gebrauch von Reinigungsprodukten, Sprays, WC-Steinen etc., dem Gebrauch von Duftkerzen, Räucherstäbchen und dergleichen und vor allem durch das Rauchen.

**WARUM IST DIE LÜFTUNG SO WICHTIG?**

Die Lüftung eines Raumes ist ein genereller entscheidender Einflussfaktor für die Raumluftqualität, denn je weniger ein Raum durchlüftet ist, desto stärker sammeln sich sämtliche Verunreinigungen aus internen Quellen an. Will man eine gute Raumluftqualität mit möglichst geringer Schadstoffbelastung erreichen, ist es natürlich am besten, die Raumluft schon gar nicht erst mit Verunreinigungen und Schadstoffen zu belasten. Dann muss man diese Belastungen auch nicht mit vermehrtem Lüften wieder loswerden. Bei starken Schadstoffquellen ist eine Quellenbekämpfung unabdingbar, denn hier hilft auch massives Lüften nicht mehr weiter. Starke Quellen sind zum Beispiel das Rauchen in Innenräumen oder die Räucherstäbchen, aber auch Baustoffe wie Anstriche, Klebstoffe,

Dichtungsmassen während der Trocknungs- und Aushärtungszeit, sowie die grossflächigen Boden- und Wandbeläge. Dabei stehen flüchtige organische Verbindungen (VOC) und teilweise auch Formaldehyd (Holzwerkstoffe) im Vordergrund. Diese bauseitigen Belastungen können vermindert werden, indem

- emissionsarme Baumaterialien und Konstruktionen bevorzugt werden wie beispielsweise lösemittelarme, wasserverdünnbare Beschichtungs- und Klebstoffe oder, falls bereits vorhanden, entsprechend gelabelte Produkte, bei denen die Emissionen in die Raumluft geprüft und begrenzt sind (Natureplus, EMICODE EC1, Blauer Engel, emissionsgeprüfte Holzwerkstoffe)

- alternative Lösungen ohne Raumluftbelastung gewählt werden wie beispielsweise mechanische Befestigungen statt Verklebungen, und
- auf eine korrekte Verarbeitung geachtet wird

Damit ist es aber nicht getan – denn bei weitem nicht alle Raumluftverunreinigungen lassen sich vermeiden. Das gilt insbesondere für die Emissionen der Bewohner und ihren täglichen Aktivitäten wie beispielsweise Kochen, Putzen, Duschen, Körperpflege. Aber auch Materialien und Einrichtungen haben gewisse unvermeidbare Emissionen – denken Sie an natürliche Geruchsstoffe von Leder oder Holz. Nur eine ausreichende Lüftung kann verhindern, dass sich diese unver-

**Quellen ausserhalb der Wohnung**

Aussenluft	Feinstaub PM <sub>10</sub> , partikelgebundene polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK, „Dieselruss“), Stickoxide (NOx), Kohlenmonoxid (CO) Ozon (O <sub>3</sub> ), Benzol und andere flüchtige organische Verbindungen (VOC), Schimmelpilze, Pollen
Industrie/Gewerbe in der unmittelbaren Umgebung oder im Gebäude	Je nach Herkunft z.B. Gerüche, flüchtige organische Verbindungen (VOC), Abgase aus Feuerungen
Bauuntergrund (Boden)	Radon

**Quellen innerhalb der Wohnung**

Baumaterialien und Einrichtungen	Formaldehyd, flüchtige organische Verbindungen (VOC), schwerflüchtige oder partikelgebundene organische Verbindungen (SVOC/POM) wie Biozide, Weichmacher, Flammenschutzmittel z.T. Fasern (Textilfasern, Mineralfasern) Schadstoffe in Altbauten wie Asbest, Pentachlorphenol (PCP), Teerölbestandteile (Naphthalin, PAK), polychlorierte Biphenyle (PCB)
Feuchte Materialien	Schimmelpilze, Bakterien, VOC
Bewohner, Stoffwechselprodukte	Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> ), Wasserdampf, Körpergerüche/VOC, Bakterien
Kochen	Partikel, Wasserdampf, Gerüche/VOC
Kochen und Heizen mit Gas (Gasherd, Durchlauferhitzer mit Bereitschaftsflamme)	NO <sub>x</sub> , CO, (sowie auch CO <sub>2</sub> und Wasserdampf)
Bad/WC (Duschen, Baden, Körperhygiene)	Wasserdampf, VOC, Duftstoffe
Haushaltsprodukte, Hobby	VOC, Duftstoffe, SVOC, Biozide, Formaldehyd
Räucherstäbchen, Kerzen	Feinstaub (PM <sub>10</sub> ), VOC, SVOC
Rauchen	Feinstaub PM <sub>10</sub> , partikelgebundene PAK, NO <sub>x</sub> , CO, Formaldehyd, Benzol, VOC, SVOC
<b>Quellen</b>	<b>wichtigste Schadstoffe</b>

Quellen von Raumluftbelastungen.

**Klassierung der Raumqualität (RAL)**

RAL 1 (Raumluft mit spezieller Luftqualität)	Luft in Räumen mit besonderen Anforderungen an den Gehalt von Fremd- und Geruchsstoffen in der Raumluft.	Labor- und Produktionsräume für empfindliche Arbeiten bzw. Güterl.
RAL 2 (Raumluft mit hoher Luftqualität)	Luft in Räumen, die dem Aufenthalt von Personen dienen und bei denen erhöhte Ansprüche gestellt werden: CO <sub>2</sub> -Pegel <950 ppm, Lüftrate > 36 m <sup>3</sup> /h Person.	Räume mit speziellen Ansprüchen an Gerüche, insbesondere für neu eintretende Personen.
RAL 3 (Raumluft mit mittlerer Luftqualität)	Luft in Räumen, die dem Aufenthalt von Personen dienen: CO <sub>2</sub> -Pegel 950 bis 1350 ppm, Lüftrate 22 bis 36 m <sup>3</sup> /h Person.	Typische Wohn- und Büroräume.
RAL 4 (Raumluft mit niedriger Luftqualität)	Luft in Räumen, in denen sich nur selten oder keine Personen aufhalten, sowie Luft in Räumen, in denen geraucht wird.	Lagerräume, Korridore; alle Räume, in denen geraucht wird.
<b>Kategorie nach EN 13779</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Beispiele</b>

Klassierung der Raumluftqualität – CO<sub>2</sub>-Pegel und notwendige Frischluftmengen (aus Norm SIA 382/1).

meidlichen Belastungen in der Raumluft ansammeln. Für eine gute Raumluftqualität braucht es also stets beides: Quellenbekämpfung und Lüftung.

**GESUNDHEIT: RAUMLUFTQUALITÄT GESAMTHAFT BETRACHTEN!**

Die Schadstoffbelastung unserer Innenraumluft lässt sich als komplexes Gemisch einer Vielzahl von Stoffen in niedrigen Konzentrationen und mit unterschiedlichsten toxikologischen Eigenschaften charakterisieren. Eine fundierte Risikobeurteilung der Raumluftbelastung ist daher äusserst schwierig; sie lässt sich zurzeit nur für einige wenige Einzelstoffe in der Raumluft durchführen. Toxikologisch abgeleitete Richtwerte dürfen nicht überschritten sein, sonst muss mit entsprechenden spezifischen Gesundheitsrisiken gerechnet werden, das ist klar. Ebenso klar ist, dass bedeutende Quellen von Problemstoffen in Innenräumen eliminiert werden müssen. Ist das Unterschreiten von einigen Richtwerten aber bereits eine gute, gesunde Raumluftqualität? Nein: Die Raumluft soll nicht nur „toxikologisch sicher“ sein (d.h. keine Gesundheitsgefährdung durch

einzelne Stoffe), sie soll vom Mensch mit seinen Körpersinnen auch als gut empfunden und als gut beurteilt werden!

Eine Vielzahl der gasförmigen organischen Stoffe in der typischen Raumluft (VOC) zeichnen sich dadurch aus, dass als erste Effekte Geruchswahrnehmungen auftreten, die das Wohlbefinden beeinträchtigen können. Dies ist der Erfahrung und damit auch der Erforschung sofort zugänglich: Je belasteter die Raumluft ist, desto mehr Personen beurteilen diese Luftqualität als „schlecht“, vor allem beim Eintreten in einen Raum, wenn der Geruchssinn noch nicht adaptiert ist. Denken Sie an überfüllte Sitzungszimmer: Die Raumluft kann auch belastet, schlecht und ungesund sein, wenn sie nicht durch Schadstoffe aus Baustoffen, Geräten oder Produkten belastet ist. Wir selber belasten die Raumluft alleine durch unsere Anwesenheit. Über unsere Lungen und unsere Haut gelangen stets Stoffwechselprodukte in die Raumluft: Nicht nur das geruchlose Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Wasserdampf, sondern auch organische Verbindungen wie z.B. eine Reihe von Alkoholen, Buttersäure und andere Stoffe, die sich geruchlich bemerkbar machen. CO<sub>2</sub> lässt sich einfach mes-

sen und ist der geeignete Indikator für diese Belastungen: Je höher der CO<sub>2</sub>-Pegel im Raum ist, desto schlechter wird die Raumluftqualität beurteilt. Da CO<sub>2</sub> in der Aussenluft konstant tief liegt (Frischluft) und sich im Innenraum nicht abbaut, ist der CO<sub>2</sub>-Pegel gleichzeitig auch ein guter Indikator für den Grad der Lüftung im betreffenden Raum: Je höher der CO<sub>2</sub>-Pegel in einem genutzten Raum ist, desto schlechter ist der Frischluftwechsel.

Die Zusammenhänge zwischen CO<sub>2</sub>-Pegel, empfundener Raumluftqualität und Lüftung wurden bereits vor über 150 Jahren vom deutschen Hygieniker Max von Pettenkofer entdeckt. Seine Erkenntnisse wurden in unzähligen nachfolgenden Untersuchungen bestätigt und verfeinert. Sie sind in der SIA Norm 382/1 mit einer Klassierung der Raumluftqualität operationalisiert. Die Zusammenhänge sind generell gültig und unabhängig von der Art der Lüftung.

**„SCHLECHTE“ RAUMLUFT: SCHLECHT FÜR DIE GESUNDHEIT**

Was aber ist die gesundheitliche Relevanz einer „lediglich“ als schlecht empfundenen Raumluftqualität? Im Gegensatz zu hohen Belastungen eines einzelnen oder weniger Stoffe in der Raumluft, wie sie für Arbeitsplatzbelastungen in Industrie und Gewerbe typisch sind, sind die Auswirkungen auf den Menschen subtiler. Es geht hier zwar nicht um „Vergiftungen“, aber die vorliegenden wissenschaftlichen Studien zeigen klar und deutlich, dass unspezifische Gebäude-abhängige Beschwerden wie subjektive Schleimhautreizungen, Kopfschmerzen, Müdigkeit, Unwohlsein („Sick Building Syndrome“) bei sinkenden Frischluftstraten bzw. steigender Raumluftbelastung ansteigen. Für Büro- und Verwaltungsgebäude lässt sich dies quantifizieren: Im Vergleich zu einer personenbezogenen Frischluftmenge von 10 l/s (36 m<sup>3</sup>/h) liegt die Häufigkeit von SBS-Symptomen bei 5 l/s Frischluft (18 m<sup>3</sup>/h) um 12 bis 32 Prozent höher. Bei doppelt so hohen Frischluftmengen liegt

Die Symptommhäufigkeit etwa um den selben Anteil tiefer. Der Nutzen nimmt aber bei noch höheren Luftwechseln stetig ab, die Risiken für Zugluftprobleme, Trockenheit, Lärm etc. nehmen zu.

Wie die Forschung der letzten 20 Jahre gezeigt hat, beeinflusst der Frischluftwechsel nicht nur die subjektive SBS-Symptomatik – es bestehen auch starke Zusammenhänge zu handfesteren Gesundheitsrisiken wie Asthma, Allergie, Entzündungen und Infektionen.

### DICHTEN GEBÄUDEN FEHLT OFT DIE NÖTIGE FRISCHLUFT

Es gibt aus gesundheitlicher Sicht keine Zweifel: Eine gute Durchlüftung der Räume mit Frischluft ist zwingend für eine gute und gesunde Innenraumluft. Doch wie kommt die nötige Frischluft in unsere Gebäude? Traditionellerweise waren Gebäude nie luftdicht. Dabei geht es aber nicht um „offenporige“ Wände – eine Irrmeinung, die zuweilen auch heute noch zu hören ist. Nein: Meterweise undichte Fugen bei Fenstern und Türen sowie unzählige kleine Ritzen und Spalten bei Bauteilanschlüssen sorgten dafür, dass die Gebäude auch bei geschlossenen Fenstern durchlüftet waren. Dies geschah – und geschieht noch heute bei vielen Altbauten – unkontrolliert, je nach Wind und vor allem Aussentemperatur. An kalten Tagen führt dies zu unnötig hohen Luftmengen, entsprechenden Heizenergieverlusten, Austrocknung der Raumluft und Zugluftproblemen.

Bei der heutigen, aus Gründen der Energieeffizienz und der Nachhaltigkeit gebotenen, dichten Bauweise von Neubauten und Abdichtungsmassnahmen im Rahmen von Sanierungen, hat sich die Ausgangssituation wesentlich verändert. Der unkontrollierte natürliche Luftwechsel ist auf ein Minimum gesunken. Die Rechnung ist ganz einfach: Es fehlt die Frischluft, die oft ohne Bewusstsein der Bewohner ständig durch das Gebäude selber bereitgestellt wurde. Ohne Gegenmassnahmen steigt die Raumluftbelastung

insgesamt an und damit auch alle mit ihr zusammenhängenden Risiken. Nicht nur die CO<sub>2</sub>-Pegel steigen, sondern auch die VOC-Belastungen aus Baustoffen und alle anderen Noxen aus internen Quellen.

Der nötige Frischluftwechsel muss in Gebäuden mit dichter Hülle also wieder organisiert werden. Die Fensterlüftung stösst dabei an ihre Grenzen. Besonders dramatisch zeigt sich diese Problematik in stark belegten Räumen wie Schulzimmern. Hier war die Lüftung schon in den alten, undichten Gebäuden ein Problem. 1858 stellte Pettenkofer fest:

„Ich bin auf das Lebendigste überzeugt, dass wir die Gesundheit unserer Jugend wesentlich stärken würden, wenn wir in den Schulhäusern, in denen sie durchschnittlich fast den fünften Teil des Tages verbringt, die Luft stets so gut und rein erhalten würden, dass ihr Kohlensäuregehalt nie über 1 Promille [d.h. CO<sub>2</sub>-Pegel von 1000 ppm] anwachsen könnte.“ Diese Forderung hat nichts an Aktualität verloren. Im Gegenteil. Die Wissenschaft hat sie bestätigt. Inzwischen gibt es nämlich auch erste handfeste Daten, die zeigen dass schlechte Raumluft nicht nur Gesundheit und Wohlbefinden, sondern auch schulische Leistungen negativ beeinflusst – genauso wie die Produktivität an Büroarbeitsplätzen.

### LÄNGST VORHANDENE KENNTNISSE ENDLICH UMSETZEN!

In der Schweiz im Jahr 2011 ist es nicht die Regel, dass in Schulräumen, die in den Normen vorgesehene „mittlere Raumluftqualität“ (CO<sub>2</sub>-Pegel 950-1350 ppm) eingehalten ist – sondern eher die Ausnahme. Das sollte zu denken geben. Das Bewusstsein für die Lüftungsproblematik und die Notwendigkeit eines Lüftungskonzepts bei dichten Gebäuden muss gerade auch bei Architekten, Planern und Bauherren deutlich zunehmen. Wenn wir gesunde Innenraumluft fordern, müssen wir zuerst mit Nachdruck fordern, dass die seit langem bestehenden Kenntnisse im Bereich Raumluftqualität, Luftwechsel

und Gesundheit endlich auch umgesetzt werden und Gebäude – wie es die Kantonalen Baugesetzgebungen verlangen – auch nach dem anerkannten Stand der Baukunde erstellt werden.

Den nötigen Luftwechsel sicherzustellen, wird vermehrt optimierte technische Lösungen nötig machen. Damit diese hygienisch sicher sind und es auch bleiben, müssen sie entsprechend geplant, ausgeführt und vor allem regelmässig gewartet werden. Auch dazu ist das nötige Wissen vorhanden – es gibt Vorgaben in SIA-Normen und eine spezifische Hygiene-richtlinie für Lüftungsanlagen (SWKI VA 104-01 Hygiene-Anforderungen an Raumlufttechnische Anlagen und Geräte). Wichtig ist auch die gute Information und Instruktion der Nutzer (siehe auch SIA-Merkblatt 2023 Lüftung in Wohnbauten). Diese Forderungen müssen aber auch endlich konsequent umgesetzt werden – daran hapert es noch gewaltig. Grobe Mängel bei Planung Ausführung und Wartung führen dazu, dass Lüftungsanlagen in der Bevölkerung in erster Linie als Risiko wahrgenommen werden. Gute Lüftungseinrichtungen sind aber kein Risiko für die Gesundheit – im Gegenteil! Qualität hat allerdings auch ihren Preis.

Es darf nicht sein, dass aus Kostengründen gesundheitlich zentrale Forderungen in Bau-Normen nicht eingehalten werden. Bei einer „Vollrechnung“ zeigt sich, dass Kostenargumente in den meisten Fällen fehl am Platz sind: Investitionen zur Verbesserung von Raumklima und Lüftung zahlen sich über eingesparte Gesundheitskosten und Produktivitätsgewinne mehrfach aus. 

Roger Waeber studierte Umwelt-naturwissenschaften an der ETH Zürich und befasst sich seit 15 Jahren mit der Innenraumluftqualität. Er ist Leiter der Fachstelle Wohngifte im Direktionsbereich Verbraucherschutz des Bundesamtes für Gesundheit BAG.  
[www.wohngifte.admin.ch](http://www.wohngifte.admin.ch)  
[bag-chem@bag.admin.ch](mailto:bag-chem@bag.admin.ch)